

URAN V KARBONÁTOVÝCH HORNINÁCH VÝCHODNÍHO OKRAJE ČESKÉHO MASIVU

Uranium in carbonate rocks of the eastern margin of the Bohemian Massif

Jiří Zimák

Katedra geologie PřF UP, tř. 17. listopadu 12, 771 46 Olomouc; e-mail: zimak@prfnw.upol.cz

(04-43 Bílý Potok, 14-21 Travná, 14-22 Jeseník, 14-23 Králíky, 14-24 Bělá pod Pradědem, 14-41 Šumperk, 14-42 Rýmařov, 14-43 Mohelnice, 14-44 Šternberk, 15-11 Zlaté Hory, 15-13 Vrbno pod Pradědem, 15-31 Bruntál, 24-21 Jevíčko, 24-22 Olomouc, 24-23 Protivanov, 24-24 Prostějov, 24-32-Brno, 24-41 Vyškov, 25-12 Hranice, 25-13 Přerov, 25-14 Valašské Meziříčí)

Key words: Moravo-Silesian basin, Moravian Karst, uranium, limestones, marbles, laboratory gamma-spectrometry

Abstract

Contents of uranium were measured using a laboratory gamma-ray spectrometer in 912 samples of Proterozoic and Palaeozoic carbonate rocks (limestones and marbles) from the eastern part of the Bohemian Massif. Most of the studied samples represent Devonian to Lower Carboniferous carbonate rocks of the Moravo-Silesian basin outcropping in the Moravian Karst as well as at Čelechovice na Hané, Hněvotín and Grygov (all near the town of Olomouc), Přerov and Hranice. Platform carbonates of the Macocha Fm. and deep-subtidal to basin-floor nodular limestones of the Líšeň Fm. (so-called Křtiny Lmst.) have only low uranium contents (about 1 ppm eU on average). Uranium contents in calciturbidites of the Líšeň Fm. in the Moravian Karst are relatively high: carbonate beds contain 1.5 ppm eU, siliciclastic beds 2.9 ppm eU on average. Slightly increased uranium contents were found in a narrow zone (30 to 40 cm) in Hády-Říčka Lmst. close to the boundary of Macocha Fm./Líšeň Fm. in the Moravian Karst, and also in a phosphorite-rich horizon in limestones of the Líšeň Fm. (e. g., in the Hranice Karst area).

Úvod

Karbonátové horniny obvykle vykazují jen nízkou přirozenou radioaktivitu, která souvisí s relativně nízkými obsahy všech tří jejích hlavních zdrojů, tj. draslíku, thoria a uranu. Zatímco K a Th jsou v karbonátových horninách vázány hlavně na silikáty (zejména živce, slídy a jílové minerály), může být uran vázán například na organickou hmotu, oxo-hydroxidy Fe nebo fosfáty. Gamaspektrometry stanovené obsahy všech tří uvedených prvků jsou často využívány ve fyzikální stratigrafii karbonátových souvrství i při paleoklimatických rekonstrukcích. V této souvislosti je nutno poznamenat, že uran je prvkem značně mobilním již během diagenetických pochodů a ve významném rozsahu dochází k jeho redistribuci i při metamorfních procesech. Mobilita uranu značně komplikuje interpretaci gamaspektrometrických dat (např. při paleoklimatických rekonstrukcích založených na poměru Th/U).

Předložená zpráva je souhrnem údajů o obsazích uranu v karbonátových horninách na východním okraji Českého masivu. V případě kalciturbiditů je věnována pozornost i obsahům draslíku a thoria.

Vzorky a metody

Z výchozů na východním okraji Českého masivu byl proveden odběr 912 vzorků karbonátových hornin (vápenců a mramorů). V případě kalciturbiditů každý vzorek sestával z části reprezentující karbonátovou desku a z části reprezentující siliciklastickou desku (tyto části byly zpracovávány samostatně). V odebraných vzorcích byly na PřF UP v Olomouci za použití spektrometru SG – 1000 LAB s NaI(Tl) detektorem o objemu 0,35 dm³ (průměr 76 mm, délka 76 mm) stanoveny obsahy draslíku (přímo na základě koncentrace ⁴⁰K), uranu a thoria (u obou prvků nepřímou na základě koncentrací dceřiných produktů, a proto jsou jejich obsahy při uvádění výsledků analýz označovány jako

eU a eTh). Správný postup gamaspektrometrických měření by vyžadoval umístění nadrcených horninových vzorků do plastových kelímků o průměru cca 95 mm a objemu 250 ml. Vzhledem k tomu, že karbonátové horniny mají zpravidla relativně nízké obsahy všech tří sledovaných prvků, byly nadrcené vzorky umístěny do plastových kelímků shodného průměru, avšak výrazně vyšších, umožňujících pojmout výrazně větší množství materiálu – převážně 700 až 900 g. Rozdílná geometrie vzorku (ve srovnání s použitými standardy v kelímcích o objemu 250 ml) je v těchto případech zdrojem zcela nepodstatné chyby (naměřené hodnoty jsou nepatrně nižší ve srovnání s realitou), umožňuje však snížit meze detekce pro jednotlivé prvky (v případě uranu až na 0,3 ppm) při zachování standardní doby měření 1 800 s.

Výsledky a diskuze

Výsledky provedených gamaspektrometrických měření jsou sumarizovány v tabulce 1. Ze získaných dat plynou tyto závěry:

1. Karbonátové horniny východního okraje Českého masivu mají převážně „podklarkové“ obsahy uranu (viz tab. 1), hodnoty průměru a medianu u karbonátových hornin většiny sledovaných geologických jednotek a jejich částí dosahují max. 1,2 ppm eU. Zvýšené hodnoty byly zaznamenány pouze u vápenců líšeňského souvrství (křtinské vápence a hlavně vápence hádsko-říčské), a to jak v prostoru Moravského krasu, tak i v tzv. hranickém devonu. Výrazně „nadklarkovými“ obsahy uranu se v rámci studovaného souboru hornin odlišují vápence až vápnité břidlice rozstáňského souvrství paleozoika Dražanské vrchoviny (s obsahem 2,1–12,4 ppm eU, průměr 4,7 ppm eU).

2. Karbonátové horniny macošského a líšeňského souvrství v prostoru Moravského krasu lze na základě obsahů uranu rozdělit do tří skupin:

geologická jednotka – stratigrafický člen	n	min.	max.	med.	x
stroňská skupina	15	<0,3	1,3	0,3	0,4
desenská skupina	2	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
svinovsko-vranovské krystalinikum	4	0,5	1,6	0,7	0,9
nectavské krystalinikum	3	0,5	0,9	0,5	0,6
tišovský devon – vilémovické vápence	8	0,6	1,2	1,0	1,0
skupina Branné	19	<0,3	1,4	0,9	0,9
plášť žulovského plutonu	5	<0,3	2,0	<0,3	0,8
Moravský kras – vavřínecké vápence	11	0,3	2,3	0,8	1,0
Moravský kras – josefovské vápence	23	0,4	2,5	0,9	1,1
Moravský kras – lažánecké vápence	30	0,4	2,5	1,0	1,2
Moravský kras – vilémovické vápence	152	<0,3	3,3	0,5	0,7
Moravský kras – křtinské vápence	29	<0,3	13,6	0,6	1,1
Moravský kras – hádsko-říčské vápence	248	0,3	13,0	1,6	2,0
kon.-mlad. pruh – vilémovické vápence	52	<0,3	3,1	0,6	0,9
kon.-mlad. pruh – jesenecké vápence	14	0,3	2,6	0,6	0,7
ponikevské souvrství	37	<0,3	4,8	0,8	0,9
vitošovské vápence	26	<0,3	2,5	0,8	0,8
vrbená skupina	23	<0,3	1,5	0,5	0,6
čelechovický devon – lažánecké vápence	20	0,4	1,4	0,8	0,8
čelechovický devon – vilémovické vápence	5	0,7	1,5	0,9	1,0
hněvotínský devon – lažánecké vápence	21	0,3	2,6	1,0	1,0
hněvotínský devon – vilémovické vápence	16	0,3	2,6	0,8	0,9
hněvotínský devon – hněvotínské vápence	4	<0,3	1,5	0,6	0,7
grygovský devon – lažánecké vápence	21	<0,3	1,3	0,5	0,6
grygovský devon – hádsko-říčské vápence	12	<0,3	1,2	0,6	0,6
přerovský devon – lažánecké vápence	7	0,4	1,0	0,9	0,7
přerovský devon – vilémovické vápence	27	<0,3	1,3	0,6	0,6
hranický devon – vilémovické vápence	9	<0,3	1,8	0,5	0,8
hranický devon – křtinské vápence	23	1,0	6,5	2,6	2,9
hranický devon – hněvotínské vápence	14	0,4	1,4	0,8	0,8
hranický devon – hádsko-říčské vápence	10	<0,3	5,3	1,8	2,2
rozstáňské souvrství	14	2,1	12,4	4,1	4,7
mohelnické souvrství	8	0,3	1,2	0,9	0,9

Tab. 1: Obsahy uranu ve vápencích a mramorech (v ppm; n = počet vzorků).

Tab. 1: Uranium contents in limestones and marbles (in ppm; n = number of samples).

a) První skupina odpovídá macošskému souvrství (v tab. 1 je respektováno tradiční členění na vavřínecké, josefovské, lažánecké a vilémovické vápence). Jde o platformní vápence s nízkými průměrnými obsahy uranu (0,7 až 1,2 ppm eU) a současně s relativně nízkou varia-

bilitou obsahů uranu v celém souboru 216 vzorků (<0,3 až 3,3 ppm eU).

b) Druhou skupinu představují křtinské vápence líšeňského souvrství (hlíznaté vápence svahové facie). Pro křtinské vápence je charakteristická velmi vysoká variabilita obsahů uranu (<0,3 až 13,6 ppm eU), výrazně však převažují obsahy nízké (median 0,6 ppm eU, průměr 1,1 ppm eU).

c) Třetí skupinou jsou hádsko-říčské vápence líšeňského souvrství. Jejich stratigraficky spodní část má charakter lavicových vápenců, svrchní kalciturbiditů. Tato litologická změna je dobře patrná zejména v jižní části Moravského krasu a lze ji spojovat s globální klimatickou změnou na rozhraní D/K (přechod od „green-house“ k „ice-house“). Obsahy draslíku, uranu a thoria v kalciturbiditech a jim vzhledově podobným horninám z šesti lokalit v celé studované oblasti jsou uvedeny v tabulce 2. Je zřejmé, že břidličné desky kalciturbiditů v jižní části Moravského krasu (Hády, Lesní lom, Mokrá) mají relativně vysoké obsahy K a eTh (mezi oběma prvky je výrazná pozitivní korelace) a že průměrné obsahy uranu v břidličných deskách (2,9 ppm eU) jsou přibližně dvojnásobné ve srovnání se sousedními karbonátovými deskami (1,5 ppm eU). Hádsko-říčské vápence v prostoru Moravského krasu mají zhruba dvojnásobné obsahy uranu ve srovnání s křtinskými vápenci a vápenci macošského souvrství. V jednom z profilů ve velkolomu Mokrá bylo již terénní gamaspektrometrií prokázáno výrazné zvýšení obsahu uranu při rozhraní vilémovických vápenců a spodních říčských vápenců (Štelcl – Zimák 2003) – laboratorní měření zde potvrdila 30–40 cm mocnou zónu se zvýšenými obsahy uranu na bázi říčských vápenců.

3. V tabulce 2 jsou kromě kalciturbiditů z jižní části Moravského krasu a Grygova uvedeny údaje o karboná-

lokalita / typ desky		n	K (hm. %)				eU (ppm)				eTh (ppm)			
			min.	max.	med.	x	min.	max.	med.	x	min.	max.	med.	x
Hády	karbonátová deska	12	<0,1	0,5	0,2	0,2	0,5	3,2	0,9	1,1	<0,3	1,8	1,1	1,0
	břidličná deska	12	1,5	3,1	2,3	2,2	0,8	4,3	2,6	2,5	4,5	8,7	7,0	6,9
Lesní lom	karbonátová deska	3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,5	3,6	2,2	2,1	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
	břidličná deska	3	2,3	3,0	2,9	2,7	3,0	5,9	3,4	4,1	7,7	8,9	7,9	8,2
Mokrá	karbonátová deska	49	<0,1	2,1	<0,1	0,2	0,4	5,9	1,0	1,5	0,2	8,0	0,9	1,1
	břidličná deska	49	0,4	3,8	2,3	2,3	0,9	8,4	2,5	2,9	1,6	47,0	8,2	9,1
Grygov	karbonátová deska	2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,3	0,9	0,6	0,6	<0,3	0,5	0,3	0,3
	břidličná deska	2	1	1,2	1,1	1,1	0,6	1,2	0,9	0,9	4,7	6,2	5,5	5,5
Hněvotín	karbonátová deska	2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,3	0,5	0,3	0,3	<0,3	0,5	0,3	0,3
	břidličná deska	2	0,4	0,5	0,4	0,4	0,7	1,5	1,1	1,1	2,3	2,4	2,4	2,4
Černotín	karbonátová deska	3	<0,1	0,1	0,1	0,1	0,9	1,3	1,0	1,1	0,9	1,2	1,2	1,1
	břidličná deska	3	0,3	0,5	0,4	0,4	0,7	1,0	0,9	0,9	1,2	2,1	1,6	1,6

Tab. 2: Obsahy přirozených radioaktivních prvků (K, eU, eTh) v kalciturbiditech a podobných horninách tvořených střídajícími se karbonátovými vrstvy a břidličnými laminami.

Tab. 2: Natural radioactive element (K, eU, eTh) contents in calciturbidites and similar rocks consisting of alternating carbonate beds and shaly laminae.

tových horninách z Hněvotína a Černotína, které jsou kalciturbiditům makroskopicky velmi podobné. Pravděpodobně však nejde o kalciturbidity, ale o tektonicky postižené karbonátové horniny, jejichž břidličné desky jsou výsledkem deformací a také rozpouštění karbonátové složky (viz Dvořák 2004). V břidličných deskách z karbonátových hornin z Hněvotína a Černotína výrazně převažuje karbonátová složka nad silikátovou (včetně křemene). To naznačují nejen nízké obsahy draslíku, ale bylo to prokázáno rozpuštěním jednoho vzorku z Černotína v kyselině octové (pouze 18 hm. % nekarbonátové složky!).

4. V prostoru Hranického krasu se v karbonátových horninách líšeňského souvrství jako pozitivní uranová anomálie projevuje stratigraficky významný vápencový horizont s fosfority (analogická, avšak méně výrazná pozitivní uranová anomálie je i v centrální části velkolomu Mokrá). To na základě terénních gamaspektrometrických měření prokázali již Zimák – Štelcl (2007). Při terénních měřeních bylo citovanými autory ve výchozu u Teplic nad Bečvou v horizontu s fosfority (často jde o vápence charakteru intraformační brekcie) stanoveno 2,6 až 6,3 ppm eU (průměr 4,0 ppm), v okolních vápencích bez fosforitů

nebo s jen jejich malým zastoupením 1,6 až 4,6 ppm eU (průměr 2,6 ppm). Ve vzorcích z výchozů u Teplic nad Bečvou bylo laboratorní gamaspektrometrií ve vápencích s fosfority zjištěno 2,0–6,5 ppm eU, v okolních vápencích bez fosforitů 1,0–1,4 ppm eU; v případě lomu v Černotíně mají vápence s fosfority 2,4–6,5 ppm eU.

5. Závěrečná poznámka se týká hněvotínských vápenců, které jsou litostratigrafickým členem líšeňského souvrství (Zukalová – Chlupáč 1982). Obsahy uranu byly sledovány v hněvotínských vápencích ze stratotypové lokality u Hněvotína a také z prostoru Hranické propasti, která je neostratotypovou lokalitou vymezenou a detailně charakterizovanou Bábkem a Novotným (1999). Hněvotínské vápence z obou lokalit mají jen nízké obsahy uranu (průměrné hodnoty jsou 0,7 a 0,8 ppm eU). Tím se podobají vápencům macošského souvrství a ne vápencům souvrství líšeňského (viz údaje pro hněvotínský devon a zejména hranický devon v tabulce 1). Je však samozřejmě možné, že obsah uranu v hněvotínských vápencích mohl být snížen v průběhu deformačních procesů vedoucích ke vzniku pro ně charakteristické laminace.

Literatura

- Bábek, O. – Novotný, R. (1999): The Hněvotín limestone neostratotype locality revisited: a conodont biostratigraphy and carbonate microfacies approach, Moravia, Czech Republic. – *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis, Facultas Rerum Naturalium, Geologica* 36, 63–68.
- Dvořák, V. (2004): Orientační strukturní analýza vápenců Hranického krasu. – *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v roce 2003*, 42–45.
- Štelcl, J. – Zimák, J. (2003): Radioactivity of Devonian limestones of the Moravian Karst (eastern part of the Bohemian Massif, Czech Republic). – *Krystalinikum*, 29, 147–154.
- Zimák, J. – Štelcl, J. (2007): Přírozená radioaktivita paleozoických karbonátových hornin východního okraje Českého masivu. – *Současnost a perspektiva těžby a úpravy nerudných surovin IV*, 131–136. VŠB–TU Ostrava.
- Zukalová, V. – Chlupáč, I. (1982): Stratigrafická klasifikace nemetamorfovaného devonu moravskoslezské oblasti. – *Časopis pro mineralogii a geologii*, 27, 3, 225–241.